

UOT681.5.017

TİAMÜHİTİNDƏ BİRKONTURLUTƏNZİMLƏMƏ SİSTEMİNİNSİMULYASIYALITƏDQIQI

BAYRAMOVA İLHAMƏ SAVALANQIZI,

Sumqayıt Dövlət Universiteti, tütör

bayramova.ilhama@mail.ru

Açırsözlər: TİA(Totally İntegrated Automation) mühiti, tənzimləmə sisteminin simulyasiyası, ötürmə funksiyası, proqramlaşdırılan kontroller, real şəraitə uyğunlaşma

Giriş. Müasir dövrdə texnoloji proseslərin əsas avtomatlaşdırma vasitəsi kimi müxtəlif tipli proqramlaşdırılan kontrollerlərdən (PLC – Programmable Logical Controller) istifadə edilir. Belə kontrollerlərdən biri də hazırda daha çox istifadə edilən Almaniyanın Siemens firmasının istehsal etdiyi Simatic tipli kontrollerlərdir. Həmin kontrollerlər üçün müxtəlif konfigurasiyətə, proqramlaşdırma və vizuallaşdırma sistemləri mövcuddur [1]. Hazırda əsasən TIA (Totally Integrated Automation) kompleks avtomatlaşdırma sistemindən istifadə edilir. Step 7 sistemi kontrollerlərin konfigurasiyası və proqramlaşdırılmasını, WinCC Flexible sistemi idarəetmənin vizuallaşdırılmasını ayrılıqda həyata keçirildirsə, TIA onları vahid sistem şəklində birləşdirərək, ümumi avtomatlaşdırma prosesini xeyli dərəcədə asanlaşdırmışdır. Bu sistemlər sırf real sənaye şəraitində texnoloji proseslər haqqında məlumatın toplanması, ilkin emalı, operativ personala təqdimatı və avtomatik tənzimləmə üçün nəzərdə tutulmuşdur. Yeni texnoloji qurğuların yaradılması zamanı bu məsələlərin proqramlaşdırılması texnoloji avadanlıqların quraşdırılması ilə paralel olaraq aparıldığı üçün proqramların sazlanması tam olaraq yerinə yetirilə bilmir. Həmin sistemlərdə virtual kontroller – simulyator yalnız məntiqi idarəetmə dövrlərinin simulyasiyası üçün nəzərdə tutulmuşdur. Analox siqnallarla əməliyyat aparan, o cümlədən xətti tənzimləmə dövrlərinin simulyasiyası üçün isə bir çox proqram modullarının – blokların nəzərdə tutulmaması onların virtual tədqiqinə imkan vermir. Bu məsələnin həllinə [2,3] baxılmış olsa da, həmin işlərdə aşağıdakı problemlər öz əksini tapmamışdır:

- yüksək tərtibli ötürmə funksiyalarının proqram realizasiyası;
- gecikmənin proqram realizasiyası;
- nümunəvi siqnal vericilərinin proqram realizasiyası.

Aydındır ki, bu problemlər həll edilmədən istənilən avtomatik tənzimləmə sistemlərinin virtual tədqiqi mümkün deyil. Məqalədə bu məsələlərin həlli və onlardan istifadə etməklə birkonturlu tənzimləmə dövrəsinin simulyasiyalı tədqiqi üsulu təklif edilir.

Yüksək tərtibli ötürmə funksiyalarının proqram realizasiyası. Yuxarıda göstərilən [2,3] işlərdə yalnız

$$W(s) = \frac{b_1s + b_0}{a_1s + a_0}, \quad (1)$$

$$W(s) = \frac{b_1s + b_0}{a_2s^2 + a_1s + a_0} \quad (2)$$

şəklində olan ötürmə funksiyalarının proqram realizasiyası diferensial tənliklərin analox hesablama maşınlarında (AHM) həlli üsuluna əsaslanaraq yerinə yetirilir. Həmin üsul ötürmə funksiyasının sürətinin tərtibi vahiddən böyük olduqda diferensiallaşdırıcılardan istifadə edilməsini tələb edilir. Diferensiallaşdırıcılar xarici həyəcanlara həssas olduqları üçün onlardan istifadə edilməsi məqsəduyğun deyil. İstənilən yüksək (üç və daha böyük) tərtibli ötürmə funksiyalarının realizasiyasının açarı

$$W(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0} \quad (3)$$

şəklində ötürmə funksiyasındadır. Bu ifadəni aşağıdakı kimi yazmaq:

$$W(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0} = \frac{b_2}{a_2} \left(\frac{s^2 + B_1 s + B_0}{s^2 + A_1 s + A_0} \right) = \frac{b_2}{a_2} \left(1 + \frac{B_1^* s + B_0^*}{s^2 + A_1 s + A_0} \right).$$

Burada: $B_1 = \frac{b_1}{b_2}$, $B_0 = \frac{b_0}{b_2}$, $A_1 = \frac{a_1}{a_2}$, $A_0 = \frac{a_0}{a_2}$, $B_1^* = B_1 - A_1$, $B_0^* = B_0 - A_0$.

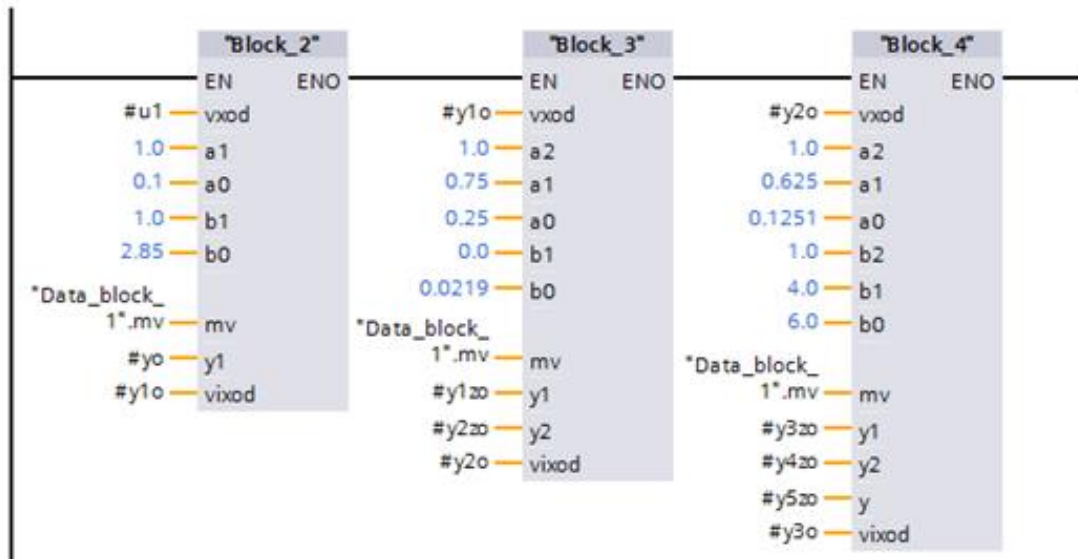
Beləliklə, görüldüyü kimi, (3) şəklində ötürmə funksiyasının realizasiyası (2) şəklində olan ötürmə funksiyasının realizasiyasına gətirilir. Tərtibi 2-dən yüksək olan ötürmə funksiyalarının realizasiyası isə onların sıfırlarının və qütblərinin tiplərindən (həqiqi və ya kompleks) asılı olaraq (1), (2) və (3) tipli ötürmə funksiyalarının hasilərinə və uyğun olaraq onların program realizasiyalarının ardıcılığına gətirilir. Surətinin tərtibi 3 və məxrəcinin tərtibi 5 olan

$$W(s) = \frac{7s^3 + 48.02s^2 + 122.1s + 120.1}{320s^5 + 473s^4 + 314s^3 + 107s^2 + 18s + 1}$$

ötürmə funksiyasının sıfırları $-2.85, -0.002 \pm j1.414$ və qütbləri $-0.1, -0.37 \pm j0.3246, -0.3192 \pm j0.1649$ -dan ibarət olub,

$$W(s) = \frac{s + 2.85}{s + 0.1} * \frac{0.0219}{s^2 + 0.75s + 0.25} * \frac{s^2 + 4s + 6}{s^2 + 0.625s + 0.1251}$$

ilə əvəz edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, 0.0219 ədədi öz yerini $(s+2.85)$ və ya (s^2+4s+6) çoxhədlisi ilə dəyişə bilər. Şəkil 1-də onun program realizasiyası verilmişdir.



Şəkil 1. Beşərtibli ötürmə funksiyasının program realizasiyası

Block_2, Block_3 və Block_4 uyğun olaraq (1), (2) və (3) tipli ötürmə funksiyalarını realizasiya edirlər. Həmin blokların hansı ardıcılıqda olmasının fərqi yoxdur. Lakin birinci blokun çıxışı ikincinin girişinə, ikincinin çıxışı isə üçüncünün girişinə verilməlidir. Şəkildən görüldüyü kimi, Block_2-nin çıxışı #y1oBlock_3-ün girişinə, onun çıxışı #y2o isə Block_4-ün girişinə verilmişdir.

Gecikmə manqasının program realizasiyası. Məlum olduğu kimi, gecikmə manqasının ötürmə funksiyası

$$W(s) = e^{-\tau s}$$

şəklindədir. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsində gecikmənin aşağıdakı aproksimasiya üsulları istifadə edilir [4,5]:

- aperiodik manqaların ardıcıl birləşməsi

$$e^{-ns} \cong \frac{1}{(Ts+1)^n}, T = \frac{\tau}{n}; \quad (4)$$

- Teylor sırasına ayırma

$$e^{-ns} \cong 1 - ns + \frac{\tau^2}{2!} s^2 - \frac{\tau^3}{3!} s^3 + \dots + (-1)^k \frac{\tau^k}{k!} s^k + \dots; \quad (5)$$

- Pade aproksimasiyası: ikitərtibli [4,10]

$$e^{-ns} \cong \frac{1 - \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{12}s^2}{1 + \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{12}s^2} = \frac{s^2 - \frac{6}{\tau}s + \frac{12}{\tau^2}}{s^2 + \frac{6}{\tau}s + \frac{12}{\tau^2}} \quad (6)$$

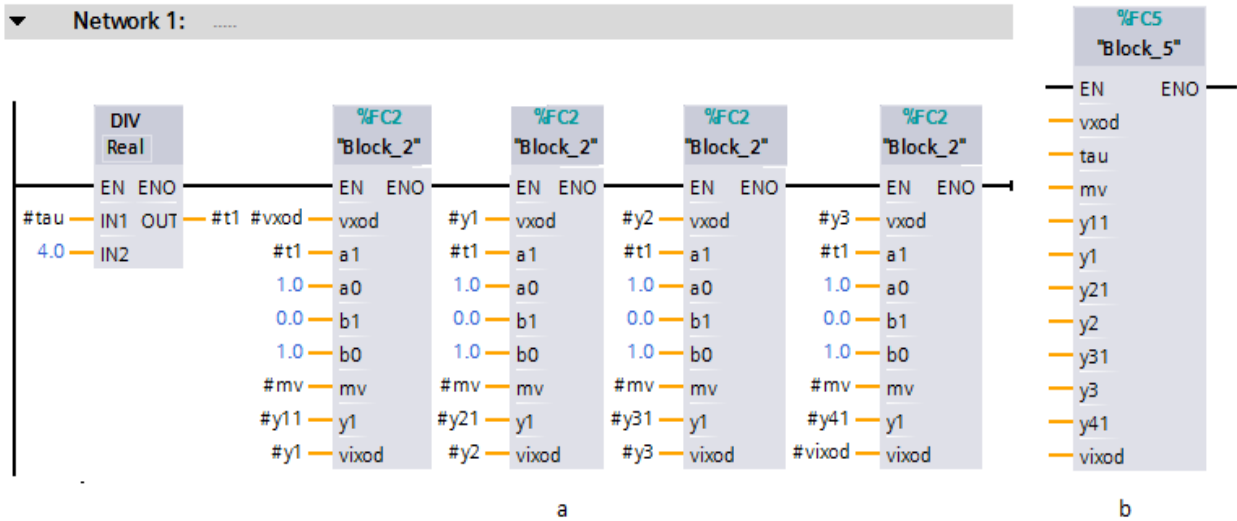
və ya dördtərtibli [4]

$$e^{-ns} \cong \frac{1 - \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{9.33}s^2 - \frac{\tau^3}{84}s^3 + \frac{\tau^4}{1680}s^4}{1 + \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{9.33}s^2 + \frac{\tau^3}{84}s^3 + \frac{\tau^4}{1680}s^4} = \frac{s^4 - \frac{20}{\tau}s^3 + \frac{180}{\tau^2}s^2 - \frac{840}{\tau^3}s + \frac{1680}{\tau^4}}{s^4 + \frac{20}{\tau}s^3 + \frac{180}{\tau^2}s^2 + \frac{840}{\tau^3}s + \frac{1680}{\tau^4}}. \quad (7)$$

Bu və ya digər üsulun tərtibi nə qədər yüksək olarsa, onun effekti daha böyük olar. Tərtibin yüksək olması isə hesabatın və proqram realizasiyasının mürəkkəbləşməsinə səbəb olur.

Teylor sırasından yalnız nəzəri tədqiqatlar zamanı istifadə edilir, onun proqram realizasiyasında diferensiallayıcılardan istifadə edildiyi üçün praktik işlərdə istifadə edilməsi məqsədəuyğun deyil.

Tədqiqatlar göstərir ki, eyni tərtibdə Pade approksimasiyası daha effektivdir. Lakin onun hazırlıq hesabat işləri daha çoxdur. Gecikmənin və tərtibin hər bir qiyməti üçün xüsusi hesabat aparılmalıdır.



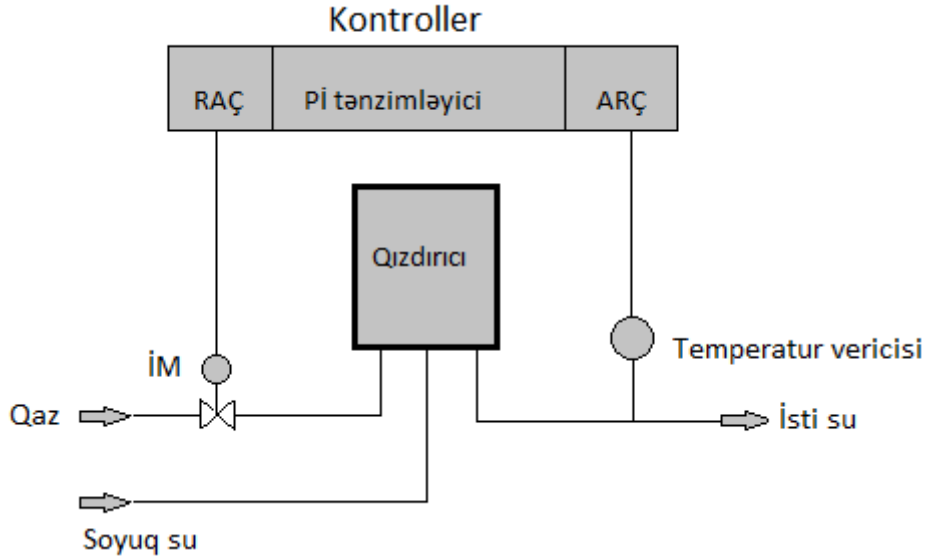
Şəkil 2. Ardıcıl birləşmiş aperiodik manqalardan ibarət gecikmə blokunun proqramı (a) və işarəsi (b)

Aperiodik manqaların ardıcıl birləşməsi üsulu isə daha universaldır. Tərtibdən asılı olaraq, yalnız ardıcıl blokların sayı dəyişir. Hətta müəyyən hədd daxilində onu da universallaşdırmaq mümkündür. Şəkil 2-də dörd ardıcıl aperiodik manqadan ibarət gecikmə blokunun proqramı (a) və onun işarəsi (b) verilmişdir.

Su qızdırıcısının çıxışında suyun temperaturunun tənzimləmə sisteminin simulyasiyası.

Şəkil 3-də həmin sistemin prinsiplial sxemi verilmişdir. Sistem haqqında aşağıdakılar məlumdur:

- temperatur vericisinin ölçü həddi – 0-150 °S;
- temperatur vericisi başlanğıc ünvanı 100 olan analoq-rəqəm çeviricinin (ARÇ) birinci girişinə qoşulmuşdur;



Şəkil 3. Qızdırıcının çıxışında suyun temperaturunun tənzimlənmə sxemi

- icra mexanizmi (İM) başlanğıc ünvanı 200 olan rəqəm-analoq çeviricinin (RAÇ) birinci çıxışına qoşulmuşdur;

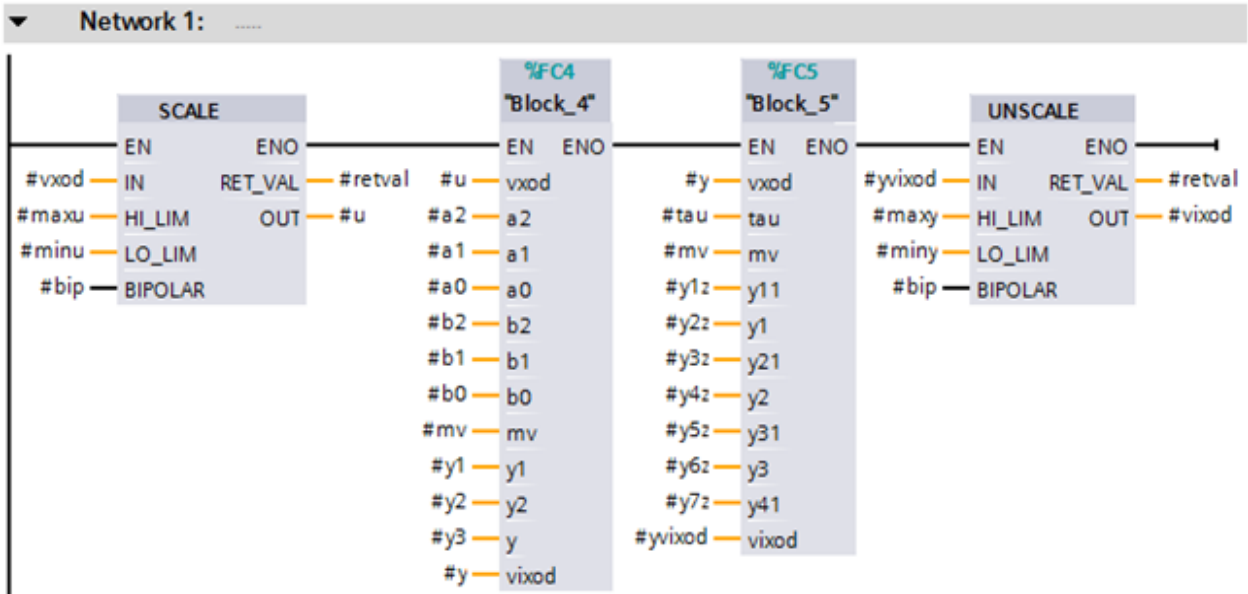
- qızdırıcının (obyektin) “qaz sərfi – çıxışda suyun temperaturu” kanalı üzrə ötürmə funksiyası (ölçmə və idarəetmə kanallarının bütün elementləri daxil olmaqla) - $W(s) = \frac{5}{15s^2 + 13s + 1} e^{-11s}$;

- bu obyekt üçün Matlab vasitəsi ilə sazlama parametrləri $K_p=0.1342$, $T_i=108.9$ san. olan mütənasib-inteqrallayıcı (PI) tənzimləyici təyin edilmişdir.

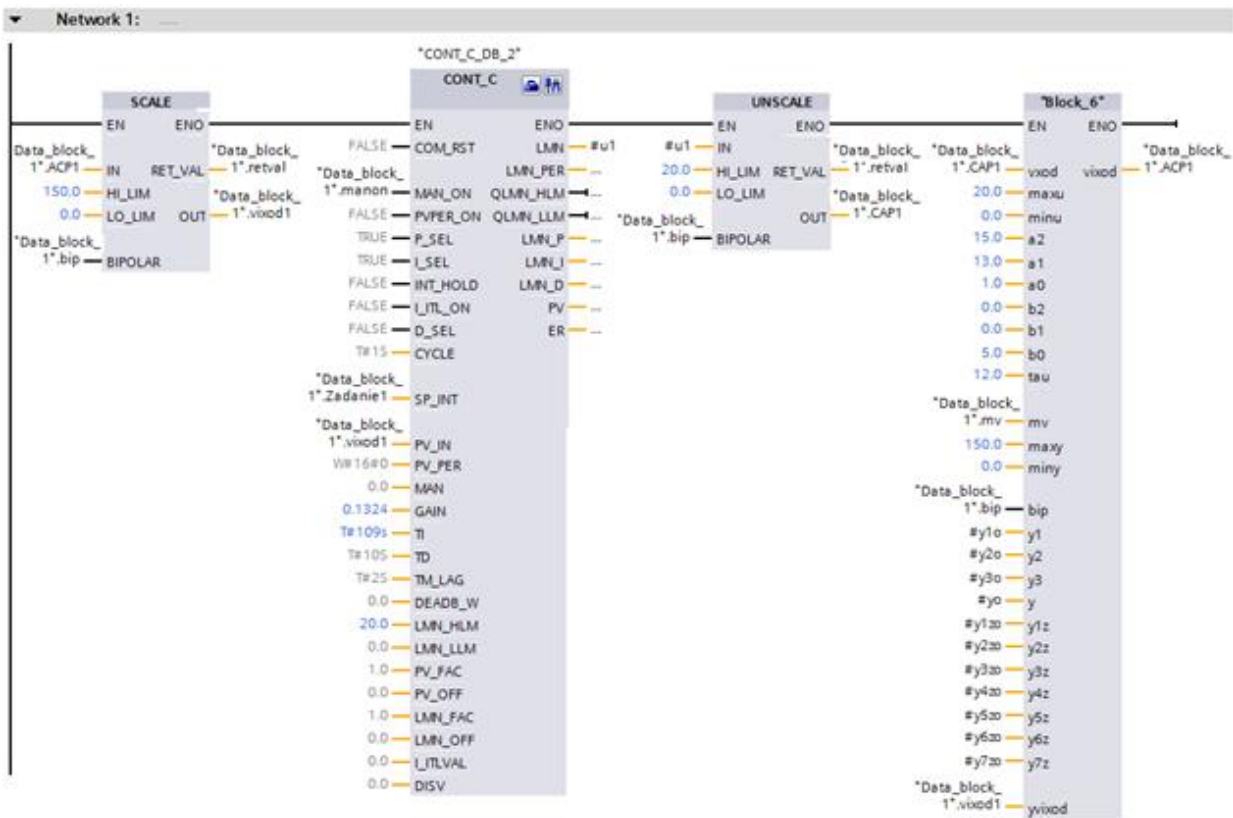
Gecikməsi olan kanalları realizasiya etmək üçün Block_4 və Block_5-dən ibarət yeni Block_6 yaradaq (Şəkil 4). Block_6 tərtibi 3-dən kiçik və gecikməsi olan istənilən manqanı (diferensiallaşdırıcıdan başqa) realizasiya edir. SCALE və UNSCALE blokları obyektin girişinin tənzimləyicinin çıxışı və obyektin çıxışının tənzimləyicinin girişi ilə uzlaşdırmaq üçündür [1].

Şəkil 5-də standart PİD tənzimləyici CONT_C və Block_6-dan ibarət OB35 blokunda yerləşən simulyasiya proqramı verilmişdir. Məlum olduğu kimi, CONT_C tənzimləyici SCALE və UNSCALE bloklarından istifadə etməklə və ya onlardan istifadə etmədən tənzimləmə prosesini həyata keçirə bilər. Təqdim edilən proqram SCALE və UNSCALE bloklarından istifadə etməklə tərtib edilmişdir. Simulyasiya proqramı asanlıqla real obyektə uyğunlaşdırıla bilər. Bunun üçün aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirmək kifayətdir:

- simulyasiya proqramından (Şəkil 5) Block_6 çıxarılır;
- SCALE blokunun İN girişinin və UNSCALE blokunun OUT çıxışının real ünvanları şəkil 6-dakı kimi təyin edilir.



Şəkil 4. Block_6-nin proqramı

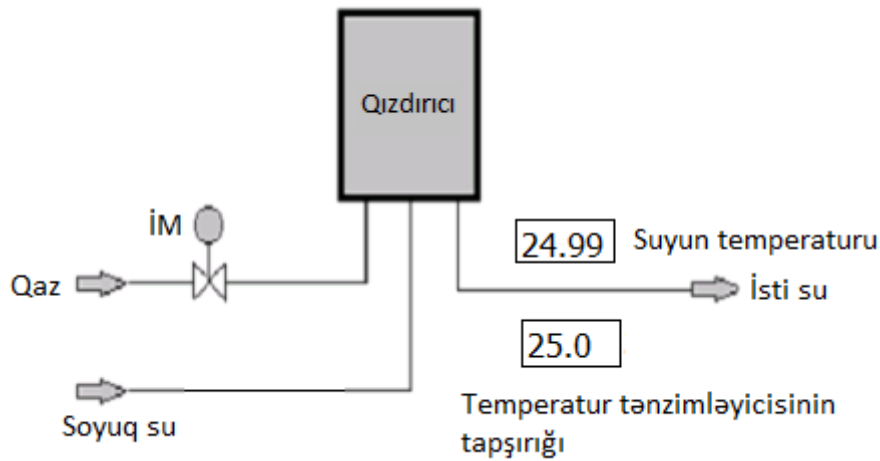


Şəkil 5. Simulyasiya proqramı

PLC tags				
	Name	Tag table	Data type	Address
1	KodvixACP1	Default tag table	Int	%IW100
2	KodvixCAP1	Default tag table	Int	%QW200

Şəkil 6. SCALE bloğunun İN girişinin və UNSCALE bloğunun OUT çıxışının ünvanları

Şəkil 7-də simulyasiya tənzimləmə sisteminin simulyasiya və real istismarı zamanı istifadə edilən operator paneli təsvir edilmişdir. Simulyasiyanın məqsədi tapşırıqın bu və ya digər istiqamətdə dəyişdirilməsi və suyun temperaturunun dəyişməsinə nəzarət etməklə, tənzimləmə keyfiyyətlərinin təyin edilməsindən ibarətdir. Real tənzimləmə zamanı isə zəruri olan temperaturun zəruri olan tapşırıq qiyməti operator panelindən daxil edilir və onun cari qiymətinə nəzarət olunur.



Şəkil 7. Operator paneli

Nəticələr. Məqalədə hazırda texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmasında geniş istifadə edilən TIA mühitində sadə avtomatik tənzimləmə dövrlərinin simulyasiyalı tədqiqi üsulu, konkret kontrollerlər üçün simulyasiya proqramı və onun real şəraitə uyğunlaşdırılması yolları təklif edilir. Təklif edilən üsul kontrollerli idarəetmə sistemlərində tətbiq ediləcək tənzimləmə dövrlərini real sənayedə tətbiq etməzdən əvvəl, onu həmin şəraitə çox yaxın olan şəraitdə tədqiq etməyə imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Программирование контроллеров S7-300/400. Системный курс ST-7PRO1/ НОВ-ЭЛЕКТРО. Профессиональный сайт для энергетиков [Электронный ресурс]. URL:<http://nov-electro.com/2013/programirovanie-s7-300-400-sistemniy-kurs> (дата обращения: 15.09.2017)
2. Алекперли Ф.А., Аскерова С.Ф. Симуляция систем управления технологическим процессом и адаптация ее программного обеспечения к промышленным условиям // Вестник компьютерных и информационных технологий: Научно-технический и производственный журнал. М.: Спектр, 2018, с.39-48
3. Əkəkbərli F.H., Əskərova S.F., Nəsiyeva E.M. və b. Simatic Manacer mühitində idarəetmə obyektinin ötürmə funksiyalarının realizasiyası// Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri. №1(21). Bakı, 2018,s.57-63
4. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi. I hissə.Ali texniki məktəblər üçün dərslik. Bakı: Nasir, 2003, 404s.

5. https://studwood.ru/1119508/matematika_himiya_fizika/transportnoe_zapazdyvani

**РЕЗЮМЕ
СИМУЛЯЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ
РЕГУЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ТИА**

Байрамова И.С.

Ключевые слова: среда ТИА (Totally Integrated Automation), симуляция системы регулирования, передаточная функция, программируемый контроллер, адаптация к реальным условиям

В статье рассматривается симуляционное исследование системы автоматического регулирования в среде ТИА (Totally Integrated Automation), которая широко применяется для автоматизации технологических процессов. Для этого требуется программная реализация передаточных функций произвольного порядка с запаздыванием. В работе предлагается метод программной реализации передаточных функций высокого порядка с запаздыванием. Приводится программа симуляции системы регулирования и способ ее адаптации к реальным условиям.

**SUMMARY
SIMULATION RESEARCH ON SINGLE-CONTROL REGULATORY SYSTEM
IN TIA ENVIRONMENT**

Bayramova I.S.

Keywords: TIA (Totally Integrated Automation) environment, control system simulation, transfer function, programmable controller, adaptation to real conditions

The article discusses a simulation study of an automatic control system in TIA (Totally Integrated Automation) environment, which is widely used to automate technological processes. This requires software implementation of transfer functions of arbitrary order with delay. In the work the method of program realization of transfer functions of a high order with delay is offered. A simulation program of the regulatory system, and a way to adapt it to real conditions are given.

Daхilolma tarixi:	İlkin variant	29.03.2019
	Son variant	27.02.2020